

**A TEORIA DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL:  
ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO  
ENSINO DE FÍSICA**

**THE THEORY OF UNIVERSAL GRAVITATION: AN APPROACH  
TO THE HISTORY OF SCIENCE IN PHYSICAL EDUCATION**

**Kayanne Lia Prado Angelo Leprique**

Mestranda no Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática  
(PCM) da Universidade Estadual de Maringá (UEM)  
kayanne\_angelo@hotmail.com.

**Luciano Carvalhais Gomes**

Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de  
Maringá (UEM), Professor Adjunto do Departamento de Física e do Programa de Pós-  
Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática (PCM) da Universidade  
Estadual de Maringá (UEM)  
lcgomes2@uem.br.

## Resumo

No presente artigo, a teoria da gravitação universal é apresentada sob a perspectiva dos aspectos metafísicos de Isaac Newton. Pretendemos manifestar a incoerência existente entre essas concepções newtonianas e o aspecto racionalista que lhe é empregado. Através de revisão bibliográfica de fontes secundárias, tais como, Westfall, Barreto, Barbatti, Martins e Rodrigues pudemos resgatar o aspecto humano da construção do conhecimento científico e refletir sobre o método empírico universal em que a produção científica tem se estabelecido. Além disso, nos proporcionou o aprofundamento no episódio histórico que se mostrou extremamente adequado para discutirmos a Natureza da Ciência em sala de aula, trazendo-nos a satisfação de corresponder à nossa perspectiva.

**Palavras-chave:** Teoria da gravitação universal; história da ciência; natureza da ciência. ensino de física.

## Abstract

In this article, the theory of universal gravitation is presented from the perspective of the metaphysical aspects of Isaac Newton. We intend to manifest the existing inconsistency between the Newtonian conceptions and the rationalist aspect that is used to it. Through bibliographic review of secondary sources, such as, Westfall, Barreto, Barbatti, Martins and Rodrigues, we were able to recover the human aspect of the construction of scientific knowledge and reflect on the universal empirical method in which scientific production has been established. In addition, it provided us with the deepening of the historical episode which proved to be extremely suitable for discussing the Nature of Science in the classroom, bringing us the satisfaction of matching our perspective.

**Keywords:** Theory of universal gravitation; history of science; nature of science; physics teaching.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem por objetivo evidenciar a História da Ciência como um meio apropriado para discutir a Natureza da Ciência em sala de aula. Para tanto, apontamos as influências metafísicas que levaram Isaac Newton a formular e a reformular o conceito de gravitação. Demonstraremos assim um contexto histórico pertinente para compreender que o conhecimento científico é resultado da atividade humana, portanto, é influenciado pelas convicções filosóficas dos cientistas.

No Ensino Médio, a maioria dos estudantes inicia seus estudos em Física por meio do estudo da mecânica newtoniana. O trabalho de Newton é ensinado nas salas de aulas como algo muito bem consolidado, sendo ele próprio considerado um sujeito que por sua racionalidade e genialidade desvendou muitos princípios que regem a natureza. Isso deflagra as concepções ingênuas de Ciência que a maioria dos professores possui, pois concebem as teorias e formulações científicas como algo provado e, portanto, imutável sendo que somente grandes gênios podem chegar-se a elas (MARTINS, 2006).

As concepções epistemológicas dos professores norteiam sua prática docente. Os alunos, no processo de formação de suas interpretações sobre a Natureza da Ciência são extremamente influenciados por essas concepções. Assim, se um professor de Física mantém mal fundamentadas as suas percepções sobre o trabalho científico, há grande probabilidade de minimização das reflexões dos alunos e, voltando à discussão para a mecânica newtoniana, os estudantes sequer podem tentar elaborar argumentos que questionem as obras do tal gênio, porque são “educados” a não pensar nessa possibilidade.

Não estamos desmerecendo, de maneira alguma, a grande capacidade intelectual de Newton, mas querendo manifestar a incoerência existente entre suas concepções e o aspecto racionalista que lhe é empregado.

De acordo com MARTINS:

O estudo adequado de alguns episódios históricos também permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmitificação do conhecimento científico, sem no entanto negar seu valor. (MARTINS, 2006, p. 22).

Para tanto, é necessário voltar às raízes de nossa Ciência, compreender como os cientistas trabalham e trabalharam, seguindo suas particulares convicções políticas, sociais, religiosas, bem como o contexto social da época, trazendo à compreensão que o conhecimento científico é uma construção humana com suas limitações, hesitações e incoerências. Dessa forma:

[...] destaca-se a importância de se aprender sobre o que caracteriza a Ciência como um empreendimento humano, e defende-se a História da Ciência como uma estratégia pedagógica adequada para discutir certas características da natureza da ciência (NDC) (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 29).

As teorias validadas mediante convenção da comunidade científica, e que, hoje, nos aparecem de forma precisamente acabada, foram muito mais marcadas pela indeterminação do que pela certeza, cheias de hesitações e incoerências (MARTINS, 2006). É esta imprecisão que torna abrangente nossa visão sobre Ciência, aprofunda nossas reflexões, o que por sua vez nos faz seres humanos pensantes e críticos ao invés de simples reprodutores de pensamentos alheios.

A História das origens das teorias enriquece o trabalho docente, evitando o excesso de matematização da Física. Os alunos, em sua maioria, se sentem desmotivados e entendem de forma distorcida a essência da Ciência, quando se deparam com inúmeros cálculos e conceitos que devem ser memorizados. As aulas de Física são, na verdade, aulas de exercícios de fixação puramente matemáticos. Alie-se isto ao fato de que o

Alunado está na escola pelas mais diversas razões e com os mais diferentes níveis de expectativa que um ser humano possa almejar ou sonhar. Afinal são pré-adolescentes e adolescentes, e o mundo se torna objeto de descobertas e nem sempre as oferecidas pela escola são as mais atraentes ou mais prioritárias em suas vidas (ALVES FILHO, 2000, p. 268-269).

Esse é um fato grave, pois não é somente a desmotivação dos alunos que está em questão, mas sua própria capacidade de pensar, de ser inteligente. Para LIMA:

Todo ensino que se baseia na imitação (do professor), isto é, que depende da aprendizagem de fórmulas e nomenclaturas não é ensino inteligente. O ensino inteligente depende de ensaio e erro, de pesquisa, de solução de problemas (sem fórmulas prontas) (LIMA, 1980, p. 59).

Desse modo, o aluno não aprende a agir (tomar atitudes) em diferentes situações, e não estamos falando somente de problemas e exercícios escolares, mas isso se estende às situações em que as pessoas se deparam na vida. Os alunos não são direcionados a pensar nas hipóteses e possibilidades, mas somente a relembrar um algoritmo para a solução de certos problemas. Contudo, o estudante que é estimulado a “experimentar combinações originais”, ao se deparar com algum problema, no futuro,

... em vez de procurar lembrar-se da “fórmula”, passa imediatamente a fazer hipóteses de soluções (combinações). É esta atitude que se torna um hábito: o hábito de inventar, o hábito de não recorrer a uma fórmula: o hábito de não ter hábitos (LIMA, 1980, p. 61).

Logo, o trabalho do professor de Física ultrapassa o ofício de “passar as fórmulas” para que os alunos as usem nos exercícios e nas provas. Esse professor tem a responsabilidade de mostrar a Ciência como uma atividade humana e reflexiva. As aulas de Física devem ser um ambiente propício e cômodo para o desenvolvimento das argumentações, ponderações e do espírito crítico dos estudantes.

Estando manifesta a importância do uso adequado da História da Ciência para a sala de aula, procuraremos discutir as influências metafísicas na Teoria da Gravitação Universal formulada por Isaac Newton. Com isso podemos problematizar as concepções equivocadas da Natureza da Ciência, pois, quando

[...] apresentamos um exemplo histórico da influência de fatores religiosos no trabalho científico de um pensador, estamos permitindo ao aluno compreender tal processo, caso contrário, estaríamos apenas doutrinando os alunos. Fazer afirmações sobre a natureza da ciência, sem apresentar exemplos, pode levar no máximo à memorização (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2007, p. 7).

Primeiramente discorreremos como Newton, a princípio, explicou a gravidade utilizando o conceito de éter, pois, já nessa concepção podemos identificar influências filosóficas na sua teoria. Em seguida, trataremos como o conceito de éter deixa de fazer sentido para o cientista, dando lugar a uma nova explicação metafísica da Teoria da Gravitação Universal.

## 2. A GRAVIDADE EXPLICADA PELO ÉTER

Como filósofo mecanicista, as primeiras considerações de Newton sobre a gravidade referem-se a uma explicação mecânica, o meio etéreo era a causa.

O conceito de éter no Newton jovem está assentado sob uma concepção plenista. Noção igualmente encontrada em Descartes, o qual defende que somente a matéria tem característica de extensão, enquanto More consegue assimilar um espírito imaterial dotado de extensão. Nessa fase de sua vida, Newton assume um éter material, mecânico. Através de colisões, o éter transmite todos os efeitos, e poderia, inclusive, explicar a origem da gravidade (RODRIGUES, 1988).

Mais tarde, Newton começa a pensar o éter em um meio mais espiritual. Primeiro numa concepção mais próxima ao estoicismo<sup>1</sup>. Como um pneuma, um espírito sutil. E em 1675, numa concepção neoplatônica associada ao mecanicismo, confere ao éter um aspecto material, semelhante ao ar, no entanto, mais sutil e rarefeito, e a capacidade de explicar todas as coisas (BARRETO, 1995). Mesmo mudando sua concepção de éter, Newton não deixa de explicar a gravidade pela pressão das partículas do mesmo. Em meio à Filosofia Mecânica, esse fenômeno era difícil de explicar, procurava-se respostas para a queda dos corpos, e ao mesmo tempo, era inconcebível assumir movimento sem que houvesse contato. Força a distância era absolutamente um absurdo.

## 3. O CONCEITO DE ÉTER EM CRISE

Ao final da década de 1670, o pensamento que sobreveio a Newton, questionou suas hipóteses: “Se o éter empurra os corpos para baixo, quem empurra as partículas do éter?” (WESTFALL, 1995). Segundo o autor, Newton

talvez tenha parado para refletir sobre a tese em si e reconhecido que se estava comprometendo com uma regressão infinita, na qual um novo éter seria necessário para explicar o éter que

---

<sup>1</sup> O estoicismo é uma doutrina filosófica fundamentada nas leis da natureza, que surgiu na Grécia no século IV a.C. O pneuma é um termo importante nessa Filosofia. A palavra do grego antigo traduz um sopro vital, cada corpo possui características vitais devido ao pneuma. É ele responsável pela tensão que mantém unidas as partes da matéria. Nesse contexto, o mundo é um ser vivo, e é o próprio Deus.

explicava as propriedades do ar, um terceiro éter para explicar o segundo, e assim por diante (WESTFALL, 1995, p. 146)

De fato, se o éter explica o fenômeno da gravidade, de modo que este empurra os corpos para a Terra, quem está a empurrar as partículas do éter? Será necessário postular um éter mais sutil até o infinito? (Dobbs, 1984 *apud* RODRIGUES, 1988).

Para encontrar as respostas da pergunta que lhe intrigava, Newton refaz o experimento do pêndulo no vácuo para verificar a existência do éter. Ele lera “Spring of the Air”, de Boyle, um dos seus primeiros livros da nova Filosofia natural, e encontrara esse experimento descrito. Newton postulava que o éter deveria oferecer mais resistência às partes internas de um corpo, uma vez que este penetra nos poros das partes materiais, ao contrário da propriedade do ar que apenas chega à superfície de qualquer corpo. Assim, o experimento deveria determinar que no vácuo, a resistência sobre as superfícies internas do pêndulo seria muito mais elevada em relação às externas (RODRIGUES, 1988).

Westfall detalha a experiência de Newton:

como peso do pêndulo, ele usou uma caixa de madeira vazia. Puxou-a a 1,82 m para o lado e marcou criteriosamente os pontos a que ela retornou ao oscilar na primeira, segunda e terceira vezes. Para se certificar, repetiu o experimento várias vezes. Depois disso, encheu a caixa com metal e, através de uma pesagem cuidadosa - em que incluiu o barbante em torno da caixa, metade da extensão do fio do pêndulo, e calculou até mesmo o peso do ar no interior da caixa -, determinou que a caixa cheia pesava 78 vezes mais do que a vazia. Esse aumento do peso esticou o fio do pêndulo, é claro; Newton o ajustou para tornar seu comprimento idêntico ao original.

Puxou-o para o lado até o mesmo ponto de partida e contou o número de oscilações necessárias para que fosse amortecido até atingir as marcas obtidas com o pêndulo vazio. O pêndulo precisou de 77 oscilações para atingir cada marca sucessiva. Considerando que a caixa cheia tinha uma inércia 78 vezes maior, sua resistência, aparentemente, estava numa proporção de 78/77 para a da caixa vazia (WESTFALL, 1995, p. 146).

Com essa proporção a que Newton chega, 78/77 para a resistência da caixa vazia em relação à caixa cheia, e através de cálculos, conclui que a resistência sobre partes externas supera em 5 mil vezes a resistência das internas.

“Esse raciocínio [concluiu ele] depende da suposição de que a maior resistência da caixa cheia decorre da ação de algum fluido sutil sobre o metal nela colocado. Mas creio que a causa é bem diferente. É que os períodos das oscilações da caixa cheia são menores que os períodos das oscilações da caixa vazia e, por

consequente, a resistência na superfície externa da caixa cheia é maior que a da caixa vazia, proporcionalmente a sua velocidade e à extensão dos espaços descritos na oscilação. Donde, já que é assim, a resistência das partes internas da caixa deve ser nula ou totalmente imperceptível” (WESTFALL, 1995, p. 147).

Newton se encontra diante de um resultado decisivo e impactante para sua carreira. É “o limiar de um novo avanço na Filosofia mecânica”, o éter que explicava todas as coisas para os filósofos mecanicistas e o qual Newton acolhe em suas teorias postuladas até o momento, não existe.

A partir daqui, Newton começa a conferir causas diferentes à força, não mais pelos choques causados pelo éter, e o conceito de força a distância começa a tomar forma.

No livro III do Óptica, Newton incorporou um conjunto de “Questões”, que foram seu substituto para o livro IV. Na Questão 28, Newton redige contra o éter cartesiano que dá ao Universo apenas explicações mecânicas, excluindo Deus da natureza.

Filósofos mais recentes baniram da Filosofia natural a consideração de tal causa, inventando hipóteses para explicar todas as coisas mecanicamente e remetendo as outras causas à metafísica; ao passo que a principal função da Filosofia natural é argumentar a partir dos fenômenos, sem inventar hipóteses, e deduzir as causas dos efeitos, até chegarmos à primeiríssima causa, que certamente não é mecânica; e não apenas desvendar o mecanismo do Universo, mas, principalmente, solucionar essas e outras questões similares. Que há nos locais vazios de matéria, e como é que o Sol e os planetas gravitam em direção uns aos outros, sem que haja matéria densa entre eles? Como é que a natureza nada faz em vão, e de onde provem toda a ordem e beleza que vemos no mundo? (...) Como é que os movimentos do corpo decorrem da vontade, e de onde vem o instinto nos animais? Não será o espaço infinito o sensorio de um ente incorpóreo, vivo e inteligente, que vê intimamente as coisas em si e as percebe com minúcia, e as compreende por completo através da presença imediata delas Nele mesmo (...)? (WESTFALL, 1995, p. 257-258).

Aqui, já pode-se verificar o quanto já tinha se afastado da concepção mecanicista de éter. Sua análise na Questão remete à influência que sofreu da sabedoria antiga, como ele mesmo menciona.

#### 4. DEUS NA TEORIA DA GRAVITAÇÃO

Os estudos newtonianos sobre a alquimia advinham de antes mesmo da sua preocupação com a gravitação. A tradição alquímica podia sugerir interação a distância, um espaço transmitindo ação entre os corpos, o que se mostrou uma explicação para gravidade. Newton então desenvolveu a Teoria da Gravitação Universal baseada nesses princípios.

As concepções religiosas de Newton lhes proporcionaram a asserção de que a causa da gravidade é justamente a atuação divina no mundo a todo instante. O Deus de Newton está e age sobre todas as coisas no Universo em todo o tempo, demonstrando sua onipresença, que:

contém a mesma visão da ideia da unidade da matéria, que existe tanto na mecânica como na alquimia (RODRIGUES, 1988, p. 117).

Newton já abandonara o seu éter mecânico, e agora estava distante da Filosofia Mecânica nesse aspecto.

De acordo com Barbatti, depois do rompimento com Descartes, Newton lançou as bases para a formulação da sua mecânica pela concepção da natureza de Deus e seu grau de atuação no mundo, desejando

restituir o papel central de Deus nas explicações dos fenômenos naturais, sem no entanto, abrir mão de uma física, o que é possível desde que Deus é concebido como ser inteligente e perfeito [...] (BARBATTI, 1997, p. 69).

É interessante ressaltar que, apesar de ter formulado a Gravitação pelos fundamentos da alquimia, Newton nunca aceitou que a interação entre os corpos pudesse ter acontecido a distancia. Somente os newtonianos do século XVIII, aceitaram e disseminaram a ideia. Como Newton mesmo declarou:

[...] Que a gravidade possa ser inata, inerente e essencial à matéria, de modo que um corpo possa atuar sobre um outro à distância no vácuo sem a mediação de qualquer outras coisa pela qual sua ação e força possa ser transportada de um pra outro, é para mim um absurdo tão grande que eu acredito que nenhuma pessoa que tenha uma faculdade competente de pensamento em assuntos filosóficos possa jamais cair nele. A gravidade deve ser causada por um agente que atua constantemente de acordo com certas leis, mas se esse agente é material ou imaterial, eu deixei à consideração de meus leitores (Carta de Newton a Bentley, 25

Arquivos do MUDI, v 21, n 03, p. 120-131, 2017

de fevereiro de 1693, reproduzida em Newton 1959 -1977, vol. 3, p. 253-4, In: MARTINS, 2006, p. 173).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse artigo foi possível recuperar o aspecto humano da construção do conhecimento científico. O episódio histórico escolhido para aprofundamento mostrou-se extremamente adequado para discutirmos a Natureza da Ciência, trazendo-nos a satisfação de corresponder à nossa expectativa inicial. Em especial, a perspectiva da obra newtoniana que abordamos no presente trabalho nos permitiu refletir sobre o método empírico universal em que a produção científica tem se estabelecido. É no ensino de Física que queremos focar as considerações advindas do nosso estudo.

Não é raro encontrarmos visões deturpadas da Natureza da Ciência sendo difundidas nas salas de aula. Identificamos uma possível causa desse transtorno. Um professor com convicções epistemológicas equivocadas perpassa em sua prática docente alguns dogmas vinculados à Natureza da Ciência. Em geral, as aulas de Física, particularmente, estão vinculadas a equações matemáticas ou verdades absolutas descobertas por grandes gênios que, como por um relampejo, desvendaram algum mistério escondido no mundo. Essa concepção permanece e vem sendo corroborada no pensamento dos estudantes justamente pela forma de como as aulas estão sendo ministradas.

A Física está envolvida com conexões das mais diversas áreas de conhecimento, ela sofre influências dos mais diversos fatores, daqueles considerados científicos ou daqueles não reputados como ortodoxos, tais como a Filosofia e as crenças religiosas. Isto não parece estar de acordo com a ideia positivista baseada na experiência e observação divulgadas no ensino, nem tampouco da Ciência como produção puramente racional. Além do mais, a estrutura administrativa escolar concede aos seus indivíduos disciplinas rigidamente segmentadas.

Diante de todos esses fatores supracitados, acreditamos que seja possível escassear essa distorção conceitual sobre a construção científica através da utilização adequada da História da Ciência nas aulas de Física. Para corroborar essa ideia propulsora, incitamos os propósitos teológicos da obra de Newton como tema extremamente ajustado para alcançar o nosso objetivo.

Newton é estudado no Ensino Médio como exemplo de racionalidade. Essa relação estabelecida é uma provável reprodução do que os sucessores de Newton instauraram no âmbito do conhecimento científico. Os propósitos iniciais de Newton, dentre eles, provar a ação de Deus no mundo, foram encobertos:

O estabelecimento da ciência nos séculos seguintes favoreceu aos newtonianos propagarem brilhantemente sua obra, exaltar seus méritos e estabelecer sua ciência, mas não sem antes banir seus propósitos teológicos de sua Filosofia natural (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2007, p. 89).

É através de uma revisão histórica que essa ideia pode ser problematizada, uma vez que a religiosidade de Newton exala em suas obras. O trabalho científico desse grande estudioso não seria como é caso não fosse baseado nas mais diversas leituras extra-científicas que ele realizou. É preciso compreender os objetivos que incitaram Newton em seu intenso afincamento que acabaram por estabelecê-lo definitivamente no campo da Ciência.

Newton estabeleceu a Teoria da Gravitação Universal baseando-se na tradição alquímica, mostrando uma forma de explicar a ação não-mecânica de Deus no Universo. E, em oposição a isso, é caracterizado como fundador da Ciência moderna, trazendo um método infalível de se fazer Ciência, baseado na observação e experimentação.

Essas são claras distorções que a Ciência escolar promove nos estudantes ao levar o ensino do conhecimento científico de forma extremamente conteudista. O papel do professor de Física está longe de ser um propagador de informações, talvez ao invés de proporcionar respostas às perguntas, suas aulas deviam incitá-las.

É preciso levar às aulas de mecânica, a contextualização da realização da obra de Newton, discutir seus verdadeiros objetivos e promover uma reflexão sobre quais são suas bases.

Acreditamos que o essencial é levar a reflexão para a sala de aula, problematizar as influências do ambiente cultural sobre os pensadores de qualquer época. Apresentar a Ciência como uma atividade humana e reflexiva aos alunos, cheias de controvérsias e problemas polêmicos, no mínimo, irá despistar a Física da monotonia das longas listas de exercícios que a caracterizam como uma Ciência exata, estabelecendo uma contradição histórica.

## REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, José de Pinho. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

BARBATTI, Mario. **Conceitos Físicos e Metafísicos no Jovem Newton: Uma Leitura do De Gravitatione**. Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência, n. 17, p. 59-70, jan-jun 1997.

BARRETO, Márcio. **Newton e a Metafísica: uma proposta de ensino de Física para o segundo grau a partir do resgate das origens do conceito de força à distância**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 1995.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto Andrade. **História Da Ciência E Religião: Uma Proposta Para Discutir A Natureza Da Ciência**. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luiz – MA.  
FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. **Historiografia e natureza da ciência na sala de aula**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

LIMA, Lauro de Oliveira. **Piaget para principiantes**. São Paulo: Summus, 1980.

MARTINS, Roberto de Andrade. **A maçã de Newton: História, lendas e tolices**. p. 167-189, in: SILVA, Cibelle Celestino (org.). *Estudos de História e Filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Introdução: a História das ciências e seus usos na educação**. Pp. Xxi - xxxiv, in: SILVA, Cibelle Celestino (org.). *Estudos de História e Filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

RODRIGUES, Idely Garcia. **Aspectos Epistemológicos da Mecânica de Newton: Novas Formas de Compreensão dos Conceitos**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988.

WESTFALL, Richard. **A Vida de Isaac Newton**. Tradução Vera Ribeiro – Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.